Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 14, No. 2, December 2023, pp. 221-233
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱٤، شمارۀ ۲، نیمۀ دوم ۱٤۰۲، ص. ۲۳۳-۲۲۱
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.82200.1058

The Effect of Foliar Application of Cycocel on Quantitative Traits Related to the Yield of Mung Bean (*Vigna radiata*) Genotypes under Water Deficit Conditions

Elahe Danaei Rad[1*], Gholamreza Zamani[2], Hamid-Reza Fallahi[2]

Received: 01-05-2023
Revised: 19-06-2023
Accepted: 24-06-2023
Available Online: 21-02-2024

Cite this article:
Danaei Rad, E., Zamani, G., & Fallahi, H. (2023). The effect of foliar application of cycocel on quantitative traits related to the yield of mung bean (*Vigna radiata*) genotypes under water deficit conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, *14*(2), 223-235. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.82200.1058

Introduction

Drought is one of the most important non-living stresses that has an adverse effect on crop production and their quality and leads to osmotic, ionic, and nutritional limitations as well as growth delay, metabolic disorders and oxidative stress in plants. Iran has a dry and semi-arid climate and the occurrence of drought stress during the growth period of plants is inevitable. Presently, the production of legumes in the country is mostly under rainfed conditions and drought stress is one of the main factors reducing the yield of legumes. Mung bean is a small grain of valuable legume. Evaluation of the performance of different cultivars is considered a starting point in identifying drought-resistant cultivars. Cycocel is one of the most important growth retarders for tampering with growth and performance. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of foliar application of cycocel on quantitative traits of mung bean (*Vigna radiata*) genotypes under water deficit conditions.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of foliar application with cycocel and water requirements on quantitative traits of mung bean (*Vigna radiata*) genotypes, experiental desing of split-split plot based on a randomized complete block design with three replications in research farm of the Ferdowsi University of Mashhad. Experimental factors included 3 levels of drought (non-stress, mild stress, and severe stress), 3 levels of cycocel foliar spraying (0, 400, and 800 mg/L), and 2 levels of mung bean cultivars (Hendi landrace and Zarbakhsh). Statistical analysis was performed using SAS 9.4 and comparing the means was based on the LSD method at a 5% probability level.

Results and Discussion

The experimental results showed that the effect of drought stress, cycocel, genotype, and the interaction of drought stress and cycocel as well as drought stress and genotype on the number of pods per plant were significant. The results showed that drought stress reduced the number of pods in the plant and cycocel increased it. The number of pods in the plant of the Hendi landrace genotype decreased more than that of the Zarbakhsh genotype due to drought stress. Also, drought stress, cycocel, genotype, and the interaction of drought stress and cycocel as well as drought stress and genotype on the number of seeds in the pod, were significant. The results showed that cycocel increased the number of seeds per pod, while drought stress decreased the number of pods per plant. It was also found that at all levels of drought stress, the Zarbakhsh genotype had more seeds in pods than the Hendi landrace genotype. Drought stress, cycocel, genotype, and the interaction of drought stress and cycocel as well as drought stress and genotype had a significant effect on the 1000-seed weight. The results showed that the 1000-seed weight increased due to the application of cycocel, while drought stress decreased this trait. In addition, it was observed that the 1000-seed weight of the Hendi landrace genotype decreased more than the Zarbakhsh genotype due to drought stress. Drought stress,

1- Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Plant and Environmental Stresses Research Group, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
* Corresponding Author's Email: elh.danaeirad@birjand.ac.ir

cycocel, genotype, and interaction between drought stress and cycocel had a significant effect on grain yield. The results showed that the grain yield in the Zarbakhsh genotype was significantly higher than in the Hendi landrace genotype. It was also observed that drought stress decreased and the application of cycocel increased grain yield. Drought stress, cycocel, and genotype had a significant effect on biological performance. Drought stress caused a significant decrease in biological yield. The use of cycocel increased the biological performance and increasing the concentration of this substance increased the biological performance. The results of variance analysis of data showed that the effect of drought stress, cycocel, genotype, and the interaction of drought stress and cycocel, drought stress and genotype as well as cycocel and genotype on harvest index were significant. In addition, it was observed that the harvest index of the Hendi landrace genotype decreased more than the Zarbakhsh genotype due to drought stress.

Conclusions

According to the results of this study in the presence of drought stress, it showed a decrease in yield and its components. Among the studied mung bean cultivars, the Zarbakhsh cultivar showed superiority in tolerance to water shortage conditions compared to other cultivars. The use of cycocel reduced the negative effects of drought stress on the plant. It appeared that the use of cycocel under drought stress conditions improved the plant better plants performance.

Keywords: 1000-seed weight, Beans, Chloroquat chloride, Drought, Number of pods per plant

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱٤، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱٤۰۲، ص. ۲۳۳-۲۲۱
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 14, No. 2, December 2023, pp. 221-233
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.82200.1058

اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر ویژگی‌های کمّی مرتبط با عملکرد ژنوتیپ‌های ماش (*Vigna radiata*) در شرایط تنش رطوبتی

الهه دانائی راد[۱*]، غلامرضا زمانی[۲]، حمیدرضا فلاحی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

چکیده

در ایران، خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده تولیدات زراعی مطرح است و برای دستیابی به عملکرد مناسب، گیاهان زراعی باید قادر به تحمل این دوره خشکی باشند. به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر صفات کمّی مرتبط با عملکرد ژنوتیپ‌های ماش تحت تأثیر تنش رطوبتی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. در این آزمایش، سطوح آبیاری در سه سطح شامل، بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، تنش ملایم (آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌عنوان عامل اصلی و سطوح محلول‌پاشی سایکوسل در سه سطح شامل، عدم محلول‌پاشی، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ژنوتیپ‌های ماش شامل توده هندی و رقم زربخش به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عوامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که برهم‌کنش تنش رطوبتی، محلول‌پاشی سایکوسل و ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت معنی‌دار بودند. تنش شدید موجب کاهش تعداد غلاف در بوته (۲۷ درصد)، تعداد دانه در غلاف (۲۵ درصد)، وزن ۱۰۰۰ دانه (۲۳ درصد)، عملکرد دانه (۵۷ درصد) و شاخص برداشت (۴۲ درصد) شد. در بین ارقام ماش مورد بررسی، رقم زربخش در تحمل شرایط کمبود آب نسبت به توده هندی برتری نشان داد، به‌طوری‌که وزن ۱۰۰۰ دانه رقم زربخش و توده هندی در شرایط تنش شدید رطوبتی به‌ترتیب کاهش ۱۵ و ۲۱ درصدی را نشان دادند. محلول‌پاشی سایکوسل ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر ضمن کاهش اثرات ناشی از کمبود رطوبت موجب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت، نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی گردید. بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه (۶۰/۵ گرم) در تیمار بدون تنش و مصرف محلول‌پاشی سایکوسل ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. به‌طور کلی، عملکرد و صفات مرتبط با آن در شرایط تنش شدید کاهش یافت. همچنین به نظر می‌رسد، مصرف سایکوسل در شرایط تنش خشکی باعث تطابق‌پذیری بهتر ماش می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تعداد غلاف در بوته، حبوبات، خشکی، کلرمکوات‌کلراید، وزن ۱۰۰۰ دانه

مقدمه

خشکی از جمله مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که تأثیر نامطلوبی بر تولید محصولات و کیفیت آن‌ها دارد و منجر به محدودیت‌های اسمزی، یونی و غذایی و همچنین تأخیر در رشد، اختلالات متابولیک و تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌گردد (Kalantarahmadi & Shoushi Dezfouli, 2021). در بخش بزرگی از مناطق کشاورزی در جهان، کمبود آب عامل محدودکننده مهم رشد و بهره‌وری محصولات کشاورزی است (Khalili et al., 2020). در ایران، تنش خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده تولیدات زراعی مطرح است و برای حصول عملکرد مناسب، گیاهان زراعی باید قادر به تحمل این دوره خشکی باشند (FAO, 2017; Barzegari *et al.*, 2020). در حال حاضر نیز، تولید حبوبات در کشور بیش‌تر به‌صورت دیم بوده و تنش خشکی یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد حبوبات می‌باشد (Nakhzari Moghaddam *et al.*, 2020). ماش یک لگوم دانه‌ریز و از حبوبات باارزش است و به لحاظ وجود میزان ۲۵-۲۲ درصد پروتئین، ۵۱ درصد کربوهیدرات، ۱۰ درصد رطوبت، چهار درصد مواد معدنی (منیزیم، پتاسیم، منگنز، مس و روی)، سه درصد ویتامین (انواع

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: elh.danaeirad@birjand.ac.ir)

ویتامین‌های گروه ب)، فیبر و آنتی‌اکسیدان در ترکیبات خود (Sehrawat, *et al.*, 2013 Fadaei *et al.*, 2017; Ahmadi *et al.*, 2019; Nakhzari Moghaddam, *et al.*, 2020)، نقش بسزایی در تأمین نیاز غذایی کشورهای در حال توسعه دارد. نیاز آبی گیاه ماش ۲۰۰۰ تا ۴۵۰۰ مترمکعب است که یک گیاه نسبتاً کم‌توقع محسوب می‌گردد، ولی در بسیاری مواقع، در نواحی دیم‌کاری، میزان بارش کمتر از نیاز آبی این گیاه بوده و این گیاه در شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرد (Yavas & Unay, 2016; Ahmadi *et al.*, 2019). ارزیابی عملکرد ارقام مختلف به‌عنوان یک نقطه شروع در شناسایی ارقام مقاوم به خشکی مطرح است (Mojadam *et al.*, 2016). امروزه روش‌های مختلفی برای مقابله با اثر ناشی از تنش در نظر گرفته شده است. در میان روش‌های مدیریتی، برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی تحمل گیاه را در برابر شرایط تنش‌زای محیط افزایش می‌دهند (Khalilzadeh *et al.*, 2017; Barzegari *et al.*, 2020; Pirasteh Anosheh & Emam, 2022). این ترکیبات به‌عنوان یک ابزار کارآمد و پایدار در کاهش اثرات نامطلوب تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاهان شناخته شده‌اند (Heidari *et al.*, 2019). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نقش بسزایی در تنظیم وضعیت درونی آب گیاه دارند. این تنظیم‌کننده‌ها می‌توانند باز و بسته شدن روزنه‌های برگ‌ها را کنترل و موازنه آب را برقرار نمایند. تنظیم‌کننده‌های رشد به‌منظور افزایش کیفیت و کمیت محصول و ایجاد مقاومت به خشکی در کشاورزی استفاده می‌شود. در وضعیت محدودیت آبی، محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف می‌توانند اثرات منفی خشکی بر عملکرد را کاهش داده و منجر به افزایش مقاومت گیاه به خشکی شوند (Behradfar, 2014; Shokhmgar *et al.*, 2021). سایکوسل یکی از مهم‌ترین کندکننده‌های رشد برای دست‌ورزی رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد (Pirasteh Anosheh & Emam, 2019). پیش تیمار بذور ماش با سایکوسل در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش خشکی موجب کاهش نسبت شاخساره به ریشه، وزن تر و خشک شاخساره و میزان مالون‌دی‌آلدئید و همچنین موجب افزایش محتوای نسبی آب، پایداری غشا، پرولین و فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ‌ها شده است (Akbari *et al.*, 2014; Jalalvand, 2016; Ahmadi *et al.*, 2019). بر اساس پژوهشی مشخص شد که محلول‌پاشی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل می‌تواند برای بهبود عملکرد نخود در شرایط دیم مناسب باشد (Safari & Azadikhah, 2021). در بررسی بر سویا مشخص شد که در شرایط تنش خشکی، محلول‌پاشی با سایکوسل، موجب افزایش صفات مربوط به عملکرد نسبت به شاهد شد (Valimohammadi, 2014). نتایج پژوهش‌ها بیانگر آن است که کاربرد سایکوسل در غلات باعث کاهش ارتفاع ساقه، افزایش تعداد پنجه در هر بوته و مقاومت به سرما و شوری می‌شود (Sadeghi & Miri, 2015; Pirasteh Anosheh & Emam, 2019). محققان در بررسی اثر مقادیر مختلف سایکوسل گزارش کردند، محلول‌پاشی سایکوسل، نقل و انتقال مواد به دانه و طول دوره پر شدن دانه گندم را ۴/۹۶ درصد افزایش داد (Khalilzadeh *et al.*, 2017). بررسی‌ها بر روی برنج نشان داد، کاربرد سایکوسل در مقادیر مختلف به‌دلیل افزایش ۹/۱۱ درصدی میزان کلروفیل و افزایش کارایی فتوسنتزی موجب افزایش میزان انتقال ماده خشک کل و سهم فرآیند انتقال مجدد ماده خشک در تشکیل دانه و در نهایت، افزایش عملکرد می‌شود (Sharifi *et al.*, 2017). در کلزا اثر مثبت کاربرد سایکوسل به‌صورت پیش تیمار بذر و محلول‌پاشی برافزایش تولید ماده خشک بوته و تعداد بیشتر خورجین گزارش شد (Safari & Azadikhah, 2021). گزارش‌های مشابهی مبنی برافزایش رشد (Bahrami *et al.*, 2014)، عملکرد و اجزای عملکرد (Bahrami *et al.*, 2014; Pakar *et al.*, 2016) در ارقام جو و کلزا در تیمارهای محلول‌پاشی سایکوسل وجود دارد. با توجه به نیاز تأمین مواد غذایی برای جمعیت در حال رشد و ارزش غذایی ماش، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سایکوسل در کاهش اثرات مخرب خشکی بر ویژگی‌های کمّی مرتبط با عملکرد ماش، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد، با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۹۹/۲ متر از سطح دریا اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح آبیاری در سه سطح، شامل بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، تنش ملایم (آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌عنوان عامل اصلی و سطوح محلول‌پاشی سایکوسل در سه سطح شامل، عدم محلول‌پاشی (شاهد)، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ژنوتیپ‌های ماش شامل توده هندی و رقم زربخش به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عوامل فرعی بودند. بذور ماش مورد استفاده در این آزمایش از مرکز تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

(زربخش) و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی دزفول- ایستگاه صفی‌آباد (توده هندی) تهیه گردید. پیش از کشت، آزمون جوانه‌زنی انجام و از سلامت و قوه نامیه بالای بذور اطمینان حاصل شد. ماده سایکوسل مصرفی نیز از شرکت مرک (Merck) تهیه شد. قبل از کشت، خاک محل انجام آزمایش از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در چهار ضلع و مرکز زمین نمونه‌برداری شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱). میانگین درازمدت میزان بارندگی، رطوبت نسبی و دمای ثبت‌شده ایستگاه سینوپتیک مشهد در طی فصل رشد در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil

عمق Depth (cm)	بافت Texture	کربن آلی (درصد) Organic C (%)	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})
0-30	لومی رسی Clay loam	0.97	7.98	1.2

هر کرت شامل پنج خط کاشت به‌طول چهار متر به‌صورت جوی – پشته (کاشت روی پشته) با انتهای بسته، بافاصله ردیف ۵۵ سانتی‌متر بود (مساحت هر کرت ۱۱ مترمربع). فواصل بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها ۲/۵ متر بود. کاشت به‌روش خشکه‌کاری و به‌صورت دستی در تاریخ ۱۴۰۱/۰۳/۰۷ در عمق دو سانتی‌متری صورت گرفت. آبیاری به‌صورت غرقابی جوی و پشته‌ای بود و آب‌رسانی به هر کرت توسط لوله و کنتور حجمی صورت گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. پس‌ازآن آبیاری تا مرحله سبز شدن (تعداد دفعات آبیاری دو بار) به فواصل چهار روز انجام شد. واکاری قسمت‌های سبز نشده پس از گذشت یک هفته از کشت صورت گرفت. عملیات تنک در مرحله دو تا چهار برگی انجام شد. عملیات وجین از مرحله چهار برگی آغاز و تا مرحله پر شدن دانه به‌صورت دستی در طول دوره رشد انجام شد.

جدول ۲- میانگین ماهیانه حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی و بارندگی طی دوره رشد ماش در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰

Table 2- Monthly average minimum and maximum temperature, relative humidity and rainfall during mung bean growing period in 1991 to 2021

ماه Month	دما Temperature (°C)		رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	بارش (میلی‌متر) Rain. (mm)
	حداکثر Maximum	حداقل Minimum		
خرداد May	27.90	14.32	44.94	0.98
تیر June	33.45	18.71	31.06	0.19
مرداد July	35.33	20.88	27.93	0.05
شهریور August	33.98	18.79	26.35	0.02

اعمال تیمارهای تنش در مرحله چهار برگی شروع شد و تا پایان فصل رشد ادامه داشت. اولین محلول‌پاشی در مرحله سه برگی انجام شد. محلول‌پاشی دوم نیز در مرحله شروع گل‌دهی انجام شد (Heidari *et al.*, 2019). داده‌های مورد نیاز این پژوهش برای تعیین نیاز آبی شامل میزان بارندگی، دماهای حداقل و حداکثر، سرعت باد، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی از طریق آمار درازمدت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مشهد در سال جاری، جمع‌آوری شد. تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش پنمن مونتیث فائو (Khosroshahi, 2013) و نیاز آبی ماش توسط نرم‌افزار CropWat تعیین شد. برای محاسبه حجم آب آبیاری هر کرت ابتدا نیاز خالص آبیاری به‌دست آمد و سپس برای توزیع حجم آب آبیاری بین کرت‌ها و تنظیم دقیق توزیع آب از کنتور حجمی استفاده شد و حجم آب ورودی به هر کرت توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. جهت تعیین صفاتی همچون عملکرد زیستی، وزن ۱۰۰۰ دانه و شاخص برداشت در هر کرت در پایان دوره رشد، پس از حذف

اثر حاشیه‌ای (۰/۵ متر از بالا و پایین خط کاشت و یک خط کاشت از راست و چپ هر کرت)، سطحی معادل ۲/۵ مترمربع از نیمه دوم کرت برداشت و در نور آفتاب خشک شد و اندازه‌گیری‌های مربوط صورت پذیرفت. جهت تعیین اجزای عملکرد نیز تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و میانگین آن‌ها استفاده شد. وزن ۱۰۰۰ دانه نیز با توزین ۱۰۰۰ دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد گزارش شد. در پایان، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها (آزمون کولموگرو- اسمیرنو)، تجزیه و تحلیل آن‌ها به‌کمک نرم‌افزار آماری SAS ۹/۴ و مقایسات میانگین با آزمون LSD محافظت شده انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

اثرات ساده تنش خشکی، محلول‌پاشی سایکوسل و ژنوتیپ و نیز برهم‌کنش تنش خشکی و سایکوسل و همچنین تنش خشکی و ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، تنش خشکی تعداد غلاف در بوته را کاهش و سایکوسل آن را افزایش داد (جدول ۴).

در تیمار بدون تنش، کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل تعداد غلاف در بوته را نسبت به عدم کاربرد آن، پنج درصد افزایش داد. همچنین در همین سطح تنش خشکی، کاربرد سایکوسل با غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد، تعداد غلاف در بوته نسبت به شرایط عدم کاربرد آن ۱۵ درصد افزایش یابد. در تیمار تنش ملایم، عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب نه، پنج و سه درصد کاهش یابد. در تیمار تنش شدید، نیز عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر تعداد غلاف در بوته را در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) به‌ترتیب ۲۷، ۱۸ و ۱۴ درصد کاهش داد (جدول ۴). تعداد غلاف در بوته ژنوتیپ هندی در اثر تنش خشکی (تنش ملایم و شدید) بیشتر از ژنوتیپ زربخش کاهش یافت، به‌نحوی‌که تعداد غلاف در بوته ژنوتیپ هندی در تیمارهای تنش ملایم و شدید نسبت به تیمار بدون تنش به‌ترتیب ۱۴ و ۲۷ درصد کاهش یافت. در ژنوتیپ زربخش نیز تنش خشکی تعداد غلاف در بوته را نسبت به تیمار بدون تنش کاهش داد، به‌نحوی‌که در تیمار تنش ملایم تعداد غلاف در بوته این ژنوتیپ ۱۰ و در تیمار تنش شدید ۲۲ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴).

تعداد دانه در غلاف

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، سایکوسل، ژنوتیپ و برهم‌کنش تنش خشکی و سایکوسل و همچنین تنش خشکی و ژنوتیپ بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد، کاربرد سایکوسل در تمامی سطوح تأمین نیاز آبی باعث افزایش تعداد دانه در غلاف شد، درحالی‌که تنش خشکی موجب کاهش این صفت شد. همچنین مشخص شد، در همه سطوح تنش خشکی، ژنوتیپ زربخش دارای تعداد دانه در غلاف بیشتری نسبت به ژنوتیپ هندی بود، امّا اختلاف این دو در تیمار بدون تنش، از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴).

تعداد دانه در غلاف در اثر کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل در تیمار بدون تنش، نسبت به عدم کاربرد آن، پنج درصد افزایش داد. همچنین در همین سطح تنش خشکی، کاربرد سایکوسل با غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد، تعداد دانه در غلاف نسبت به شرایط عدم کاربرد آن ۱۲ درصد افزایش یابد. در تیمار تنش ملایم، عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب ۱۳، هشت و پنج درصد کاهش یابد. در تیمار تنش شدید، نیز عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تعداد دانه در غلاف را در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) به‌ترتیب ۲۵، ۱۹ و ۱۶ درصد کاهش داد (جدول ۴). تعداد دانه در غلاف ژنوتیپ هندی در اثر تنش خشکی بیشتر از ژنوتیپ زربخش کاهش یافت، به‌نحوی‌که تعداد دانه در غلاف ژنوتیپ هندی در تیمارهای تنش ملایم و شدید، نسبت به تیمار بدون تنش، به‌ترتیب ۱۶ و ۲۶ درصد کاهش یافت. در ژنوتیپ زربخش نیز تنش خشکی تعداد دانه در غلاف را نسبت به تیمار بدون تنش، کاهش داد به‌نحوی‌که در تیمار تنش ملایم، تعداد دانه در غلاف این ژنوتیپ ۱۱ و در تیمار تنش شدید، ۲۳ درصد کاهش نشان داد.

وزن ۱۰۰۰ دانه

تنش خشکی، سایکوسل، ژنوتیپ و برهم‌کنش تنش خشکی و سایکوسل و همچنین تنش خشکی و ژنوتیپ اثر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰۰ دانه داشت (جدول ۳). نتایج نشان داد، در تمامی سطوح فراهمی آب، وزن ۱۰۰۰ دانه در اثر کاربرد سایکوسل افزایش یافت، درحالی‌که تنش خشکی باعث کاهش این صفت شد. وزن ۱۰۰۰ دانه در تیمارهای تنش ملایم و شدید، در ژنوتیپ زربخش به‌طور معنی‌داری بیشتر بود، امّا اختلاف این دو ژنوتیپ از نظر این صفت در تیمار بدون تنش، معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ۳- آنالیز واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های ماش در سطوح مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی با سایکوسل

Table 3- Variance analysis of yield and yield components for mung bean genotypes at different levels of drought stress and foliar application of cycocel

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares					
		تعداد غلاف در بوته **pod number per plant**	تعداد دانه در غلاف **Seed number per pod**	وزن ۱۰۰۰ دانه **1000-seed weight**	عملکرد دانه **Seed yield**	عملکرد زیستی **Biological yield**	شاخص برداشت **Harvest index**
بلوک Block	2	4.8^{ns}	0.02^{ns}	0.7^{ns}	1164^{ns}	5235^{ns}	0.68^{ns}
تنش خشکی Drought (D)	2	5561.9***	26.4***	487.2***	3594284.9***	6361957.5***	799.3***
خطا (الف) Error (A)	4	13.9	0.02	102	6424.2	18380.9	0.9
سایکوسل Cycocel (C)	2	993.1***	3.7***	89.4***	612593.9***	983045.6**	137.1***
خشکی × سایکوسل D × C	4	76.9**	0.08*	13.3**	58389.1**	92941.7^{ns}	6.2*
خطا (ب) Error (B)	4	4.8	0.01	0.5	2851.0	19269.1	0.5
ژنوتیپ Genotype (G)	1	323.4***	1.10***	37.4***	169314.0***	343151.5**	43.8***
خشکی×ژنوتیپ D × G	2	50.3***	0.21**	10.9***	19315.8^{ns}	33416.3^{ns}	7.9***
سایکوسل×ژنوتیپ C × G	2	5.3^{ns}	0.02^{ns}	2.2^{ns}	7409.1^{ns}	583.3^{ns}	3.4**
خشکی×سایکوسل×ژنوتیپ D × C × G	4	6.8^{ns}	0.07^{ns}	0.7^{ns}	4439.6^{ns}	17591.4^{ns}	0.9^{ns}
خطا Error	26	5.0	0.03	0.9	7381.1	25462.7	0.6
ضریب تغییرات CV (%)		11.8	10.8	9.9	7.0	9.2	5.0

ns، *، ** و ***: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱

ns, *, **,***: not significant and significant at 5% and 1% and 0.1%, respectively.

جدول ۴- تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰۰ دانه در برهم‌کنش‌های تنش خشکی و سایکوسل (بالا) و تنش خشکی و ژنوتیپ ماش (پایین)

Table 4- Number of pods per plant, number of seeds per pod and 1000-seed weight in the interactions of drought stress and cycocel (top) and drought stress and mung bean genotype (bottom)

تنش خشکی Drought	تعداد غلاف در بوته pod number per plant			تعداد دانه در غلاف Grain number per pod			وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000-seed weight (g)		
	سایکوسل (میلی‌گرم بر لیتر) Cycocel (mg.l^{-1})			سایکوسل (میلی‌گرم بر لیتر) Cycocel (mg.l^{-1})			سایکوسل (میلی‌گرم بر لیتر) Cycocel (mg.l^{-1})		
	0	400	800	0	400	800	0	400	800
CWR٪50	99.5 h*	112.2 g	116.8 f	7.17 i	7.70 h	7.97 g	43.2 h	48.4 g	50.3 f
CWR٪75	123.5 e	129.2 d	132.1 d	8.25 f	8.73 e	9.08 d	52.2 e	53.3 de	54.0 d
CWR	136.4 c	142.9 b	156.2 a	9.51 c	10.01 b	10.69 a	55.8 c	57.2 b	60.5 a

تنش خشکی Drought	هندی Hendi	زربخش Zarbakhsh	هندی Hendi	زربخش Zarbakhsh	هندی Hendi	زربخش Zarbakhsh
CWR٪50	105.7 e	113.3 d	7.46 e	7.77 d	45.6 e	49.1 d
CWR٪75	125.0 c	131.5 b	8.43 c	8.94 b	52.5 c	53.8 b
CWR	144.6 a	145.7 a	10.04 a	10.10 a	57.7 a	58.0 a

* برای هر صفت، میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) نشان نمی‌دهند.

* For each trait, means with a common letter do not show a significant difference at the 5% probability level using the least significant difference (LSD) test.

در تیمار بدون تنش، کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل وزن ۱۰۰۰ دانه را نسبت به عدم کاربرد آن، سه درصد افزایش داد. همچنین در همین سطح تنش خشکی، کاربرد سایکوسل با غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد، وزن ۱۰۰۰ دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد آن، هشت درصد افزایش یابد. در تیمار تنش ملایم، عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) وزن ۱۰۰۰ دانه به‌ترتیب هفت، پنج و سه درصد کاهش یابد. در تیمار تنش شدید، نیز عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر، وزن ۱۰۰۰ دانه را در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) به‌ترتیب ۲۳، ۱۳ و ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ۴). وزن ۱۰۰۰ دانه ژنوتیپ هندی در اثر تنش خشکی بیشتر از ژنوتیپ زربخش کاهش یافت، به‌نحوی‌که وزن ۱۰۰۰ دانه ژنوتیپ هندی در تیمارهای تنش ملایم و شدید نسبت به تیمار بدون تنش به‌ترتیب ۹ و ۲۱ درصد کاهش یافت. در ژنوتیپ زربخش نیز تنش خشکی، وزن ۱۰۰۰ دانه را نسبت به تیمار بدون تنش کاهش داد به‌نحوی‌که در تیمار تنش ملایم، وزن ۱۰۰۰ دانه این ژنوتیپ، هشت و در تیمار تنش شدید، ۱۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴).

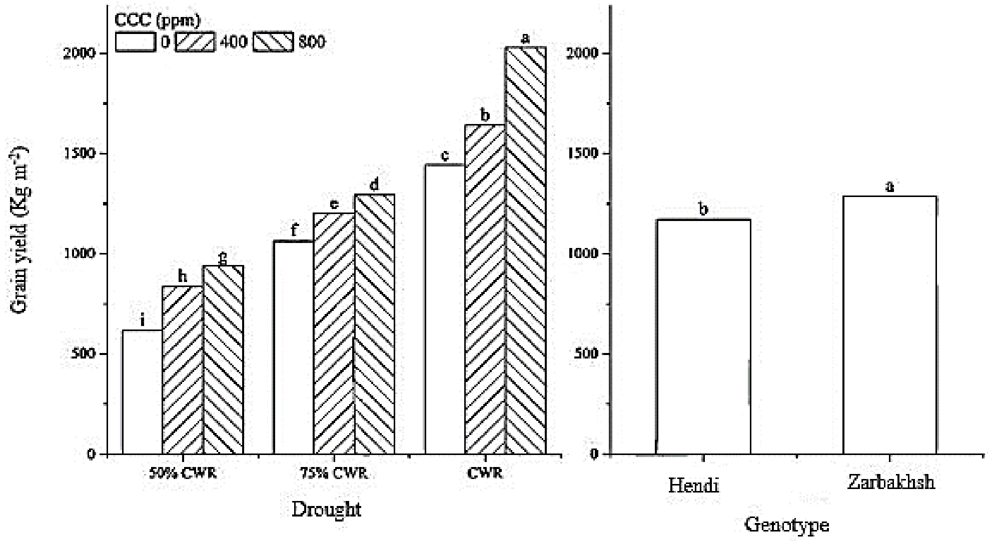
عملکرد دانه

تنش خشکی، سایکوسل، ژنوتیپ و برهم‌کنش تنش خشکی و سایکوسل اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۳). نتایج نشان داد، عملکرد دانه در ژنوتیپ زربخش به‌طور معنی‌داری از ژنوتیپ هندی بیشتر بود (شکل ۱). همچنین مشاهده شد که تنش خشکی باعث کاهش و کاربرد سایکوسل باعث افزایش عملکرد دانه شد؛ به‌نحوی‌که در همه سطوح تنش خشکی بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب به تیمارهای ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و عدم کاربرد سایکوسل اختصاص یافت (شکل ۱). در بدون تنش، کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، عملکرد دانه را نسبت به عدم کاربرد آن ۱۴ درصد افزایش داد. همچنین در همین سطح تنش خشکی، کاربرد سایکوسل با غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد، عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد آن ۴۱ درصد افزایش یابد. در تیمار تنش ملایم، عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) عملکرد دانه به‌ترتیب ۲۶، ۱۷ و ۱۰ درصد کاهش یابد. در تیمار تنش شدید، نیز عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر، عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) به‌ترتیب ۵۷، ۴۲ و ۳۵ درصد کاهش داد (شکل ۲).

عملکرد زیستی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تنش خشکی، سایکوسل و ژنوتیپ اثر معنی‌داری بر عملکرد زیستی داشتند (جدول ۳). تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری عملکرد زیستی شد، به‌نحوی‌که عملکرد زیستی از ۴۵۸۳/۵ گرم بر مترمربع در تیمار

بدون تنش به ۳۳۸۶/۸ گرم بر مترمربع در تیمار تنش شدید تقلیل یافت (جدول ۵). کاربرد سایکوسل باعث افزایش عملکرد زیستی شد و افزایش غلظت این ماده از ۴۰۰ به ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز موجب افزایش عملکرد زیستی شد، به‌نحوی‌که عملکرد زیستی از ۳۷۲۳/۳ گرم بر مترمربع در تیمار عدم کاربرد سایکوسل به ۳۹۳۰/۳ و ۴۲۰۵/۷ گرم بر مترمربع به‌ترتیب در تیمارهای ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، رسید (جدول ۵). همچنین نتایج نشان داد، اختلاف بین دو ژنوتیپ نیز از نظر عملکرد زیستی معنی‌دار بود، به‌نحوی‌که ژنوتیپ زربخش عملکرد زیستی بیشتری به خود اختصاص داد (جدول ۵).



شکل ۱- عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های ماش (راست) و برهم‌کنش تنش خشکی و سایکوسل (چپ)

Fig. 1- Grain yield in mung bean genotypes (right) and the interaction of drought stress and cycocel (left)

در هر بخش میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) نشان نمی‌دهند.

In each section, the averages with a common letter do not show a significant difference at the 5% probability level using the least significant difference (LSD) test.

جدول ۵- عملکرد زیستی ($g.m^{-2}$) ماش در سطوح مختلف تنش خشکی (چپ)، سایکوسل (وسط) و ژنوتیپ‌های مختلف (راست)

Table 5- Biological yield ($g.m^{-2}$) of mung bean at different levels of drought stress (right), cycocel (middle) and different genotypes (left)

تنش خشکی Drought	عملکرد زیستی Biological yield	سایکوسل (میلی‌گرم بر لیتر) Cycocel ($mg.l^{-1}$)	عملکرد زیستی Biological yield	ژنوتیپ Genotype	عملکرد زیستی Biological yield
CWR٪50	3386.8 c*	0	3723.3 c	Hendi	3873.6 b
CWR٪75	3889.0 b	400	3930.3 b	Zarbakhsh	4032.6 a
CWR	4583.5 a	800	4205.7 a		

* در هر فاکتور میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) نشان نمی‌دهند.

* In each factor, means with a common letter do not show a significant difference at the 5% probability level using the least significant difference (LSD) test.

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی، سایکوسل، ژنوتیپ و برهم‌کنش تنش خشکی و سایکوسل، تنش خشکی و ژنوتیپ و همچنین سایکوسل و ژنوتیپ بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس این نتایج، در تیمار بدون تنش، کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل شاخص برداشت را نسبت به عدم کاربرد آن، هشت درصد افزایش داد. همچنین در همین سطح تنش خشکی، کاربرد سایکوسل با غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد، شاخص برداشت نسبت به شرایط عدم کاربرد آن ۱۹ درصد

افزایش یابد (جدول ۶). در تیمار تنش ملایم، عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث شد در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) شاخص برداشت به‌ترتیب ۱۶، ۹ و ۵ درصد کاهش یابد. در تیمار تنش شدید، نیز عدم کاربرد سایکوسل و کاربرد آن با غلظت ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر شاخص برداشت را در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد سایکوسل) به‌ترتیب ۴۲، ۲۸ و ۲۳ درصد کاهش داد. شاخص برداشت ژنوتیپ هندی در اثر تنش خشکی بیشتر از ژنوتیپ زربخش کاهش یافت، به‌نحوی‌که شاخص برداشت ژنوتیپ هندی در تیمارهای تنش ملایم و شدید نسبت به تیمار بدون تنش به‌ترتیب ۲۱ و ۴۰ درصد کاهش یافت. در ژنوتیپ زربخش نیز تنش خشکی شاخص برداشت را نسبت به تیمار بدون تنش کاهش داد، به‌نحوی‌که در تیمار تنش ملایم، شاخص برداشت این ژنوتیپ ۱۴ و در تیمار تنش شدید، ۳۳ درصد کاهش نشان داد.

جدول ۶- شاخص برداشت (٪) در برهم‌کنش‌های تنش خشکی و سایکوسل (بالا)، تنش خشکی و ژنوتیپ (وسط) و سایکوسل و ژنوتیپ (پایین)

Table 6- Harvest index (%) in interactions of drought stress and cycocel (top), drought stress and genotype (middle) and cycocel and genotype (bottom)

تنش خشکی Drought	سایکوسل (میلی‌گرم بر لیتر) Cycocel (mg.l-1) 0	400	800
CWR٪50	19.6 i*	24.5 h	26.2 g
CWR٪75	28.4 f	30.8 e	32.2 d
CWR	33.9 c	36.5 b	40.5 a
تنش خشکی Drought	**هندی Hendi**	**زربخش Zarbakhsh**	
CWR٪50	22.0 e	24.8 d	
CWR٪75	29.2 c	31.7 b	
CWR	36.8 a	37.1 a	
سایکوسل Cycocel (mg.l-1)	**هندی Hendi**	**زربخش Zarbakhsh**	
0	26.9 e	27.7 d	
400	29.3 c	31.9 b	
800	31.9 b	34.0 a	

* در هر بخش میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) نشان نمی‌دهند.

* In each section, the averages with a common letter do not show a significant difference at the 5% probability level using the least significant difference (LSD) test.

شاخص برداشت ژنوتیپ هندی در تیمارهای ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل نسبت به شرایط عدم کاربرد این ماده به‌ترتیب ۹ و ۱۹ درصد افزایش یافت. در ژنوتیپ زربخش نیز کاربرد ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل باعث شد، شاخص برداشت در مقایسه با عدم استفاده سایکوسل به‌ترتیب ۱۵ و ۲۳ درصد افزایش یابد (جدول ۶). مشابه نتایج این آزمایش، در سایر پژوهش‌ها نیز به تأثیر تنش خشکی در کاهش عملکرد دانه و اجزای آن در گیاهان مختلف اشاره شده است. تنش خشکی باعث کاهش تلقیح گل‌ها شده و در نتیجه، تعداد دانه تولیدی در بوته کاهش می‌یابد و این امر کاهش عملکرد دانه را به دنبال دارد (Anosheh *et al.*, 2012). کاهش تعداد دانه در اثر تنش خشکی در پژوهش‌های دیگری نیز گزارش شده است (Cattivelli *et al.*, 2008; Ferrante *et al.*, 2020). این اثر منفی می‌تواند به‌دلیل نقش خشکی درکند کردن تشکیل آغازه‌های غلاف یا تقسیم میوز در گامت‌ها و باروری تخمک‌ها و نمو زودتر دانه‌ها باشد (Ashraf, 2010).

در مطالعه‌ای که به بررسی اثر تنش خشکی بر ۶۰۰ اکوتیپ گیاه ماش پرداخت، مشاهده شد که عملکرد دانه و اجزای آن در همه اکوتیپ‌های مورد بررسی، در اثر تنش خشکی کاهش یافت. همچنین گزارش شد که در بین اجزای عملکرد دانه، وزن دانه کمترین تغییر را در اثر تنش خشکی به خود اختصاص داد (Zabet *et al.*, 2012). محققان در بررسی اثر تنش خشکی بر شش ژنوتیپ ماش دریافتند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه و اجزای آن شد، آن‌ها دریافتند، بیشترین و کمترین درصد کاهش صفات مورد بررسی در اثر تنش خشکی به‌ترتیب به عملکرد دانه و وزن دانه اختصاص داشت (Hashemzehi *et al.*, 2014). این نتایج مشابه نتایج حاصل از آزمایش حاضر بود که مشخص شد، وزن

دانه کمترین تغییر را در اثر تنش خشکی در مقایسه با سایر اجزای عملکرد دانه، به خود اختصاص داد. در بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه ماش مشخص شد که تنش خشکی باعث افت شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکردی این گیاه شد و با تشدید تنش، افت عملکرد دانه و اجزای آن نیز تشدید شد (Sadeghipour, 2015).

افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد سایکوسل توسط پژوهشگران در گیاهان مختلفی از جمله در یولاف (Pourmohammad et al., 2014)، گندم (Espindula et al., 2009) و کلزا (Pourmohammad et al., 2014) گزارش شده است. سایکوسل با بهبود سطح برگ در شرایط تنش آبی و در نتیجه، افزایش میزان فتوسنتز منجر به عملکرد بالاتر می‌شود.

عملکرد دانه بیشتر گیاهان تیمار شده با سایکوسل در شرایط تنش خشکی عمدتاً به‌دلیل افزایش مقاومت روزنه‌ای و پتانسیل آب بیشتر در برگ می‌باشد (Pirasteh Anosheh & Emam, 2012). علاوه‌براین گزارش شده است، کاربرد سایکوسل در شرایط تنش خشکی از طریق افزایش تعداد دانه به‌دلیل افزایش قدرت مقصد فیزیولوژیک، عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (El-Saadony et al., 2021). مصرف سایکوسل در شرایط تنش خشکی در گندم موجب رشد بیشتر ریشه و افزایش کارایی جذب آب از لایه‌های پایین خاک شده و بدین طریق عملکرد دانه را افزایش داده است (Rajala, 2003). محققان مشاهده کردند که کاربرد سایکوسل باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی در گیاه ذرت شد (Roshdi et al., 2011). پژوهشگران گزارش کردند که عملکرد دانه گندم قدس در اثر مصرف سایکوسل افزایش یافت. بررسی اجزای عملکرد دانه حاکی از آن بود که افزایش عملکرد دانه به‌دلیل افزایش تعداد دانه در واحد سطح بوده است (Emam et al., 1996). علاوه‌براین، افزایش عملکرد زیستی در اثر کاربرد سایکوسل در گیاهانی از قبیل ذرت (Roshdi et al., 2011) و گندم (Emam et al., 1996) به ثبت رسیده است.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای آن شد. در بین ارقام ماش مورد بررسی، رقم زربخش در تحمل شرایط کمبود آب نسبت به رقم توده هندی برتری نشان داد. با توجه به اینکه کاربرد سایکوسل باعث کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر گیاه شد. به نظر می‌رسد، مصرف سایکوسل در شرایط تنش خشکی باعث تطابق بهتر گیاه ماش به شرایط تنش خشکی شده باشد.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر نباتی و جناب آقای دکتر داورپناه به‌دلیل یاری‌ها و راهنمایی‌های بی چشم‌داشت ایشان در به اتمام رساندن این پژوهش سپاسگزارم.

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری با شماره ثبت ۸۱۲۹، در تاریخ ۱۴۰۰/۰۸/۲۴ در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند می‌باشد و هزینه طرح از محل صندوق اعتباری دانشجویی تأمین‌شده است. بخشی از هزینه این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۱۴۰۲/د/۵۴۴۱ مورخ ۱۴۰۲/۳/۲۲ و با استفاده از اعتبارات گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی دانشگاه بیرجند انجام شده است، که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Ahmadi, M., Zare, M.J., & Emam, Y. (2019). Study of quantitative and qualitative traits of bread wheat by using of Cycocel, Zinc sulfate and bio-fertilizer application under dry land farming. *Plant Ecophysiology*, *11*(38), 148-161. (In Persian with English Abstract)

Akbari, V., & Jalili Marandi, R. (2014). Effect of cycocel on growth and photosynthetic pigments of tow olive cultivars under different irrigation intervals. *Journal of Horticultural Science*, *27*(4), 460-469. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.30663

Anosheh, H.P., Emam, Y., Ashraf, M., & Foolad, M.R. (2012). Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. *Advanced Studies in Biology*, *4*(11), 501-520.

Ashraf, M. (2010). Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*, *28*(1), 169-183. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.11.005

Bahrami, K., Pirasteh-Anosheh, H., & Emam, Y. (2014). Yield and yield components responses of barley cultivars to foliar application of Cycocel. *Journal of Crop Production and Processing*, *4*(12), 27-37. (In Persian). https://doi.org/10.47176/jcpp.10.3.20124

Barzegari, M., Emam, Y., & Zamani, A. (2020). Yield components and grain yield responses of four wheat cultivars to growth retardant Cycocel under terminal drought stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, *10*(3), 139-156. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.47176/jcpp.10.3.20124

Behradfar, A. (2014). The effect of foliar spraying of Cycocel, quintine and seaweed extract on spring safflower under different irrigation regimes. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. (In Persian with English Abstract)

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Marè, C., Tondelli, A., & Stanca, A.M. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*, *105*(1-2), 1-14. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.07.004

El-Saadony, F.M., Mazrou, Y.S., Khalaf, A.E., El-Sherif, A.M., Osman, H.S., Hafez, E.M., & Eid, M.A. (2021). Utilization efficiency of growth regulators in wheat under drought stress and sandy soil conditions. *Agronomy*, *11*(9), 1760. https://doi.org/10.3390/agronomy11091760

Emam, Y., Tafzali, A., & Karimi, H.R. (1996). The effect of chloromequat (Cycocel) on growth and development of wheat. *Journal of Iranian Agronomy Sciences*, *27*, 23-30. (In Persian with English Abstract)

Espindula, M.C., Rocha, V.S., J. Grossi, A.S., Souza, M.A., Souza, L.T., & Favaroto, L.F. (2009). Use of growth retardants in wheat. *Planta Daninha*, *27*(2), 379-387. https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000200022

Fadaei, J., Faraji, A., Dadashi, M.R., & Siahmarguee, A. (2017). The response of mung bean crop (VC-1973A genotype) to planting date, plant density and irrigation in Gorgan condition. *Iranian Journal Pulses Research*, *8*(1), 180-191. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v8i1.33490.

FAO. (2017). Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, Italy.

Ferrante, A., Savin, R., & Slafer, G.A. (2020). Floret development and spike fertility in wheat: differences between cultivars of contrasting yield potential and their sensitivity to photoperiod and soil N. *Field Crops Research*, *256*, 107908. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107908

Hashemzehi, M., Moradgholi, A., & Ghasemi, A. (2014). Evaluation of responses of mung bean (*Vigna radiata*) genotypes to drought stress using different stress tolerance indices. *Journal of Crop Breeding*, *5*(12), 112-122. (In Persian with English Abstract)

Heidari, H., Alizadeh, Y., & Fazeli, A. (2019). Effects of seed priming and foliar application of salicylic acid on some of physiological characteristic and yield on mung bean (*Vigna radiata* L.) under drought stress condition. *Journal of Plant Production Research*, *26*(2), 127-141. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22069/jopp.2019.14863.2327.

Jalalvand, A., (2016). The effect of Cycocel and salicylic acid on some biochemical and physiological traits of Badrashboye medicinal plant under drought stress conditions. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Iran. (In Persian with English Abstract)

Kalantarahmadi, S., & Shoushi Dezfouli, A.A. (2021). Effects of drought stress and foliar application of ascorbic acid, salicylic acid, methanol and post-harvest storage on seed yield and seed vigor of Hyola401 rapeseed Cultivar. *Journal of Crop Ecophysiology*, *15*(57), 109-130. https://doi.org/10.30495/jcep.2021.681009. (In Persian with English Abstract)

Khalili, M., Naghavi, M.R., & Talebzade, S.J. (2020). Evaluation of changes in morphological, physiological and biochemical traits of some canola cultivars under salinity stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *51*(2), 15-28. (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijfcs.2019.250429.654438.

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi R., & Jalilian J. (2017). Effects of cycocle and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on yield, chlorophyll fluorescence parameters and some physiological properties of wheat under water limitation condition. *Plant Process and Function; 6*(21), 247-266. (In Persian).

Khosroshahi, M. (2013). Estimating water requirement of *Prosopis juliflora* at different habitates of Persian Gulf-Aman Sea region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *21*(2), 300-315. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/ijfpr.2013.3859

Mojadam, M., Sakinezhad, T., Shokoohfar, A., & Esmaili Pour, N. (2016). Effect of plant density and Cycocel on quantitative characteristics and protein barley cultivar south. *Crop Physiology Journal*, *29*(8), 121-135. (In Persian)

Nakhzari Moghaddam, A., Ghelichi Yanghagh, H., Biabani, A., & Taliey, F. (2020). The effect of nitrogen and irrigation interval on quantity traits and protein of mung bean (*Vigna radiata* L.) genotypes under non fixation of nitrogen. *Journal of Crops Improvement*, *22*(2), 205-215. https://doi.org/10.22059/jci.2019.281865.2221. (In Persian)

Pakar, N., Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., & Pessarakli, M. (2016). Barley growth, yield, antioxidant enzymes, and ion accumulation affected by PGRs under salinity stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, *39*(10), 1372-1379. https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1143498

Pirasteh Anosheh, H., & Emam, Y. (2012). Yield and yield component responses of bread and durum wheat to PGRs under drought stress conditions in field and greenhouse. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *5*(1), 1-17. (In Persian). https://doi.org/10.22077/escs.2012.110

Pirasteh Anosheh, H., & Emam, Y. (2019). The role of plant growth regulators in enhancing crop yield under saline conditions: From theory to practice. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *21*(3), 188-209. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.29252/abj.21.3.188

PirastehAnosheh, H., & Emam, Y. (2022). Induced salinity tolerance and altered ion storage factor in *Hordeum vulgare* plants upon salicylic-acid priming. *Iran Agricultural Research*, *36*(1), 41-48. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22099/iar.2017.3878.

Pourmohammad, A., Shekari, F., & Soltaniband, V. (2014). Cycocel priming and foliar a, location affect yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*, *47*(1), 59-69.

Rajala, A. (2003). Plant growth regulators to manipulate cereal growth in northern growing conditions. First Edition. University of Helsinki, Finland. pp. 98-101.

Roshdi, M., Yarnia, M., & Hashemzadeh, F. (2011). Evaluation of grain yield and some agronomic traits of two corn (*Zea mays*) varieties as a second crop under drought stress and application of Cycocel. *Journal of Crop Ecophysiology*, *5*(17(1)), 65-78. (In Persian with English Abstract)

Sadeghi, M., & Miri, H. (2015). Evaluation of different levels of chlormequat chloride (CCC) and plant density on lodging control in bread wheat. *Journal of Plant Ecophysiology*, *6*(19), 30-44. (In Persian)

Sadeghipour, O. (2015). Study the physiological responses of mung bean (*Vigna radiata* L.) as affected by irrigation with magnetized water under drought stress. *Journal of Plant Ecophysiology*, *7*(22), 71-85. (In Persian with English Abstract)

Safari, D., & Azadikhah, M. (2021). The effect of Cycocel spraying on yield and yield components of spring chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions. *Iranian Journal Pulses Research*, *12*(1), 58-67. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v12i1.80708

Sehrawat, N., Jaiwal, P.K., Yadav, M., Bhat, K.V., & Sairam, R.K. (2013). Salinity stress restraining mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) production: Gateway for genetic improvement. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *6*, 505.

Sharifi, R.S., Khalilzadeh, R., & Vatandoost, M. (2017). Study of nitrogen fertilizer and Cycocel on Fv/Fm and dry matter mobilization to grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cercetări Agronomice în Moldova*, *1*, 5-17.

Shokhmgar, M., Seghatoleslami, M., Mousavi, S.G., & Baradaran, R. (2021). To Study the response of grain yield and some agronomical traits of foxtail millet (*Setaria italica* L.) to foliar application of growth regulators under drought stress condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *14*(4), 977-989. https://doi.org/10.22077/escs.2020.3136.1803. (In Persian)

Valimohammadi, F., (2014). The effect of foliar spraying of anti-stress and anti-transpiration agents on soybean growth and yield in different irrigation regimes. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. (In Persian with English Abstract)

Yavas, I., & Unay, A. (2016). Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *26*, 1012-101.

Zabet, M., Hosseinzadeh, A., Ahmadi, A., & Khiyalparast, F., (2012). Studying the effects of drought stress on various traits and determining the best index of drought resistance in mung bean. *Agricultural Sciences of Iran*, *34*(4), 898-889. (In Persian with English Abstract)